Aus der Medizinischen Poliklinik der Universität Marburg.
Direktor: Professor Dr. Eduard Müller.

Die Beziehungen des Lungenlüftungsvermögens zu Körperbau und Körperfunktion

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

in der

Medizin, Chirurgie und Geburtshilfe

der

Hohen

Medizinischen Fakultät der Universität Marburg

vorgelegt von

Willi Hiege
Medizinalpraktikant aus Gudensberg.

MARBURG
Buchdruckerei von Joh. Hamel
1927

Angenommen von der medizinischen Fakultät Marburg
am 15. November 1926.

Gedruckt mit Genehmigung der Fakultät.

Referent: Herr Professor Dr. Schenk.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Meinen lieben Eltern

in Dankbarkeit gewidmet.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41556027_0043

Die Beobachtung des Lungenlüftungsvermögens hat schon seit langer Zeit das Interesse der Aerzte erregt. Bereits vor 1846 versuchte man durch die Größe des Lungenfassungsvermögens irgendwelche Schlüsse auf den Verlauf von Lungen- und Herzkrankheiten zu ziehen. Da es aber an Instrumenten zur Bestimmung der Vitalkapazität fehlte, hatten diese Bemühungen gar keinen Erfolg. Erst nach der Erfindung des Spirometers durch Hutchinson 1846 war es möglich, von der Elastizität des Brustkorbes und der Funktionstüchtigkeit seines Inhaltes abhängige Lüftungsvermögen der Lunge genau zu bestimmen. Hutchinson und bald nach ihm der Physiologe Arnold stellten eine große Anzahl von Versuchen zur Bestimmung der Größe der Vitalkapazität an und fanden übereinstimmend, daß die Größe des Lungenfassungsvermögens der einzelnen Menschen sehr verschieden sei; sie stellten gewisse Abhängigkeiten dieser Größe sowohl von der Lebens- und Berufsart als auch von gewissen Konstitutionsmassen an den beobachteten Personen fest und beobachteten, daß die „Standespersonen" eine kleinere Vitalkapazität hatten als Seeleute und Soldaten, die viel körperliche Arbeit in frischer Luft verrichten mußten. Weiter bemerkten sie, daß die Vitalkapazität eine gewisse Abhängigkeit vom anatomischen Körperbau des Untersuchten hatte. So glaubte Arnold gefunden zu haben, daß das Lungenfassungsvermögen am meisten von der Körperlänge abhänge. Arnold stellte seine Untersuchungen über die Abhängigkeit und Größe der Vitalkapazität an 180 Studenten der Medizin im Alter von 17—30 Jahren an. Er konnte sich dabei von der Tatsache überzeugen, daß das Lüftungsvermögen der Lunge bei einem gesunden Individuum nicht wesentlich

schwankt sondern eine ziemlich bestimmte Größe ist, d. h. daß die Luftmenge, welche von einer Person nach einer möglichst tiefen Einatmung unter Anwendung aller Hilfsmuskeln ausgeatmet werden kann, unter gleichen Umständen sich ziemlich gleich bleibt. Stellte man weitere Beziehungen zwischen Körpermaßen und Vitalkapazität auf, so habe das Körpergewicht die nächst besten Beziehungen zur Vitalkapazität. Darnach käme nach Arnold der Brustumfang, die Brustkorblänge und die Atmungsbreite. Allein es ergab sich bald aus den aufgestellten Tabellen, das die individuellen Schwankungen zu große waren, als daß ein sicherer Schluß vom Körperbau auf die Größe des Lungenfassungsvermögens gezogen werden könnte. Damit war die Erwartung, daß die Kenntnis und Beobachtung der Größe der Vitalkapazität einen guten diagnostischen und prognostischen Anhaltspunkt bei krankhaften Zuständen sowohl der Atmungsorgane, als auch des Herzens abgeben würde, nicht in Erfüllung gegangen.

Durch diese Erkenntnis wurde die Verwendung des Spirometers für die nächstfolgende Zeit für praktische Zwecke verlassen. Erst 1907 nahm Christian Bohr die Untersuchungen über die Größe und die Beziehungen der Vitalkapazität mittels des Hutchinson'schen Spirometers wieder auf. Besonderen Wert legte Bohr auf Feststellung der „Mittellage" und der Reserveluft der Lunge. Seine Mitarbeiter und Nachfolger auf diesem Gebiete waren in Deutschland besonders Grober und Durig. Sie versuchten aber weniger die Abhängigkeit der Vitalkapazität vom anatomischen Körperbau in bestimmte Beziehungen zu einander zu bringen, als vielmehr die Veränderung des Lungenlüftungsvermögens durch körperliche Arbeit, Anstrengung und Lageveränderung des Körpers nachzuweisen. Auch Hasselbach stellte ähnliche Untersuchungen an. So fand Bohr bei seinen Versuchspersonen, daß die Vitalkapazität bei Lageänderungen des Körpers bei denselben Individuen verschiedene Werte ergab. Er sah, daß die Vitalkapazität bei derselben Versuchsperson

im Liegen kleiner war als im Stehen. Dies Ergebnis führte der Untersucher auf atmungstechnische Einflüsse zurück. Er glaubt, daß die forcierte Expiration wegen der weniger effektiven Benutzung der Bauchmuskulatur in liegender Stellung weniger tief wird als im Stehen. Weiter fand Bohr bei seinen Beobachtungen, daß unter sonst gleichen Voraussetzungen die Vitalkapazität beim Sportsmann und körperlich viel Arbeitenden größer ist, als beim körperlich nicht geübten Individuum, da erstere sich durch die tägliche Uebung eine bessere Atmungstechnik angeeignet haben. Diese gibt ihnen, wenn unter angestrengter Muskelarbeit starke Ansprüche an die Tätigkeit der Lunge gestellt werden, den bedeutenden Vorteil, daß sie ihre Lungenventilation in weit höherem Maße vermehren können, als es der Nichtsportsmann oder die „Standespersonen" Arnolds tun können. Bohr macht so auch noch in gewisser Hinsicht die Leistungsfähigkeit eines Individuums vom Minutenvolumen der Lunge und der Atemfrequenz abhängig. Bohrs Ansicht wird neuerdings gestützt durch einige Arbeiten von Bruns und Hörnicke. Die beiden Letzteren zeigten, daß eine langsame Atmung bei Sportsleuten guter Leistungsfähigkeit günstig ist. Sie sahen weiter, daß, je schwerer sich die Atembedingungen gestalteten, desto sicherer wird eine Person mit hoher Atemfrequenz versagen, während eine Person mit langsamer, ruhiger Atmung noch gut besteht. Ferner konnte Knoll an Skiwettläufern, die insbesondere beim Bergsteigen nicht unerhebliche Atmungs-Leistungen zu vollbringen haben, nachweisen, daß die Meister dieses Sportes auch bei größter Anstrengung eine Atemgeschwindigkeit von 20 Atemzügen in der Minute nicht überschritten. Je besser und ausgiebiger also die Atmungstechnik, umso größer ist auch die Vitalkapazität. So fand Bruns weiter, daß bei Radfahrern durch längere Uebung die Vitalkapazität vergrößert wird. Er steht auf dem Standpunkt, daß entsprechend dem Sporttraining die Fähigkeit der tiefen Ein- und Ausatmung zunimmt. Dasselbe beobachtete Hasselbach bei einer von

ihm dauernd kontrollierten Versuchsperson. Bei dieser nahm im Laufe eines halben Jahres durch entsprechende Uebung die Mittel- und Totalkapazität des Thorax und der Lungen um rund $^1/_2$ Liter zu. Er stellte fest, daß bei Sportsleuten mit einer hohen Vitalkapazität auffallend niedere Werte für die Residualluft gefunden wurden. So ist seiner Meinung nach die Totalkapazität sowohl bei Sportsleuten wie bei Nichtsportsleuten gleich. Die größere Vitalkapazität versucht er mit der Annahme zu erklären, daß die trainierten Individuen geübt sind, ihre Hilfsatemmuskeln besser zu gebrauchen als die weniger oder gar nicht trainierten Personen. Bohr sagt zwar auch, daß die Totalkapazität bei beiden Gruppen, Sportsleuten, wie Nichtsportsleuten, gleich ist, aber er geht weiter als Hasselbach, indem er behauptet, daß die Mittelkapazität beim trainierten Individuum kleiner ist als beim nichttrainierten. Der Sportmann ist nach Bohrs Meinung imstande, die für den Stoffwechsel in stehender Stellung erforderliche Respirationsarbeit mit einem kleineren Lungenvolumen, mithin mit einer kleineren Lungenoberfläche auszuführen. Dies deutet entschieden auf eine größere Funktionstüchtigkeit des Organs beim Sportsmann hin. Bohr nimmt auch an, daß die durch Trainieren erzeugte Vermehrung der Vitalkapazität zum wesentlichen Teil von einer durch Uebung der Bauch- und sonstigen Atemhilfsmuskulatur ermöglichten tieferen Ausatmung herrührt. Aber weiter soll nicht bestritten werden, daß die Lunge und der Thoraxraum selbst durch unablässig fortgesetztes Training bis über das gewöhnliche Maß entwickelt werden können. Bohr fand bei seinen Beobachtungen, daß bei ruhiger Arbeit die Vitalkapazität unverändert bleiben kann, daß aber bei anstrengender Arbeit die Vitalkapazität immer abnimmt, die Mittellage dagegen größer wird. Aber bald nach Beendigung der Arbeitsleistung kommt die Vitalkapazität wieder auf ihre alte Höhe. Diese Aenderung tritt umso schneller ein, je besser die Versuchsperson trainiert ist. Ebenso wie die Vitalkapazität ist also beim selben Individuum die Mittellage gewissen

Schwankungen unterworfen. Hasselbach fand bei seinen Beobachtungen, daß die Vitalkapazität bei einer Temperaturverminderung von 35° auf 23° wesentlich sank. Was den Grund dieser Beobachtung der Vitalkapazität im kalten Bade betrifft, so hegt er keinen Zweifel daran, daß sie von einer Vermehrung der Residualluft herrühren, also von einer gehemmten Ausatmung infolge der Abkühlung. „Es ist ja auch leicht an sich selbst und an anderen zu beobachten, wie man bei einem so plötzlichen Temperaturwechsel nach Luft schnappt". In ähnlicher Weise neigt ja auch nach einem anstrengenden Lauf die Atmung zu einer Beschleunigung und Erhöhung der Einatmung, während die Durchführung einer recht tiefen Ausatmung ein unüberwindliches Unbehagen verursacht. Mit Bezug auf das Laufen hat Hasselbach nachgewiesen, daß dieser Zustand durch eine vergrößerte Totalkapazität bezeichnet ist, während die Vitalkapazität wie schon gesagt, herabgesetzt wird, d. h. die Grenze der maximalen Expiration ist eingeengt, die der maximalen Inspiration in geringerem Maße erweitert. Ist einmal die Vitalkapazität stark gesunken, die Residualluft aber gestiegen, so muß man eingedenk sein, daß die Mittelkapazität wahrscheinlich um noch viel mehr gestiegen ist. Während Bohr also behauptet daß die Totalkapazität für eine bestimmte Person eine feste Größe habe und eine Veränderung der Vitalkapazität auf Kosten der Residualluft geschehe, zeigt Hasselbach bei seinen Versuchen, daß diese Annahme irrig ist. Bei seinen Beobachtungen war die Residualluft unverändert, oder nur wenig herabgesetzt oder vergrößert. Jedenfalls nicht in dem Maße verändert, wie die Vitalkapazität vergrößert oder verkleinert war. Hatte die Vitalkapazität abgenommen, so war auch die Totalkapazität verkleinert, und zwar nicht nur um kleine Beträge, sondern um 110—780 ccm, also ziemlich beträchtlich und weit über die Fehlergrenze hinaus. Hasselbach untersuchte nun den Grund der durch Uebung bewirkten Vermehrung der Vitalkapazität. Er fand bei einigen ungeübten Versuchspersonen bei täglichen

Uebungen eine regelmäßige Zunahme der Vitalkapazität, während die Residualluft unverändert blieb. Das Ergebnis seiner Beobachtungen war das Gegenteil von Bohrs Annahme; es zeigte, daß die Totalkapazität der Lungen keine unveränderliche Größe darstellt, sondern daß sie durch regelmäßige Uebung dauernd zunimmt. Es kommt also zu einem anatomischen Umbau des Brustkorbes, wodurch die Leistungsfähigkeit der Lunge noch mehr als durch bloßes Training zunehmen kann.

Nach diesem meist bald nach der Konstruktion des Spirometers erhobenen Beobachtungen verloren die Bestimmungen der Vitalkapazität an allgemeinem Interesse, weil die Unterschiede von Person zu Person trotz anscheinend gleichen Körperbaus zu groß waren als daß man irgend welche maßgebliche Normalwerte hätte aufstellen können, die man später zur Beurteitung krankhafter Veränderungen hätte benutzen können. Erst in jüngster Zeit ist die Bestimmung des Wertes der Vitalkapazität wieder aufgenommen worden. In Deutschland als Ergänzung der antropometrischen Messungen zur Feststellung der Konstitution unserer Jugend und zum Zwecke der Beobachtung des Einflußes der Leibesübungen auf den Bau und die Funktionen des Körpers; in England und Amerika ging man zur Aufstellung von Normalwerten durch Gewinnung großer Beobachtungsreihen bereits zur Verwertung der Vitalkapazitätsbestimmung für die Diagnose und Prognose von Herz- und Lungenleiden über. Insbesondere haben Myers, Boynton, Flack, Emerson, Wilson, May, Edwards, Peabody, und andere mehr durch die für sie maßgebende Formel von Du Bois versucht, eine konstante Abhängigkeit der Vitalkapazität der Lungen von der Körperoberfläche zu finden. Auch Dreyer hat nach einer von ihm geschaffenen Formel eine Abhängigkeit der Vitalkapazität von der Körperoberfläche festzustellen versucht. Diese neueren Versuche der Amerikaner und Engländer liefen darauf hinaus, die Möglichkeit der Berechnung der Normalvitalkapa-

zität für jedes Individium mit Hilfe bestimmter Formeln zu schaffen. Abweichungen von diesen Normalwerten soll dann die Diagnose und Prognosestellung der genannten Leiden unterstützen. So haben z. B. Dreyer und Burell die Vitalkapazität bei über 200 tuberkulosekranken Individuen während der Krankheit beobachtet und kamen zu dem Ergebnis, daß die Bestimmung der Vitalkapazität erstens ein wichtiges Hilfsmittel für die Diagnose der Lungentuberkulose überhaupt ist und daß zweitens die dauernde Verfolgung des Lungenlüftungsvermögens ein sehr wichtiges Erkennungsmittel dafür sei, ob die Tuberkulose fortschreitet oder ob sie stationär geworden ist. Aehnliche Beobachtungen machten u. a. auch Myers und Cameron. Letzterer glaubte sogar feststellen zu können, daß bei einer Besserung der Lungentuberkulose die Vitalkapazität schneller zunehme, als das Körpergewicht des Patienten. Oefters aber auch sah er gewisse Schwankuugen der Vitalkapazität, Sinken, Zunahme und Wiederfallen und Ansteigen des Lungenlüftungsvermögens bei Besserung der Tuberkulose, im allgemeinen war es aber doch immer ein allmähliches Anwachsen der Vitalkapazität. Das Umgekehrte ist natürlich bei einer Verschlechterung der Erkrankung der Fall. An und für sich ist ja die Größe der Vitalkapazität individuell sehr verschieden, sie ist abgesehen von den anatomischen Eigentümlichkeiten von vielen funktionellen Einflüssen abhängig — wie z. B. von der Beschäftigung, der Lebensweise, körperlicher Uebung und Entwicklung der Muskulatur. Daher wären die Vitalkapazitätsbestimmungen sehr wertvoll bei Kranken, deren Wert in gesunden Tagen man bereits kennt.

Die angedeuteten Gründe machen es sehr erklärlich, daß dauernd Versuche unternommen wurden, um irgend ein Konstitutionsmaß zu finden, das eine feste Beziehung zu Vitalkapazität hat. Es wurden von den verschiedenen Beobachtern die verschiedensten Körpermaße mit der Vitalkapazität in Zusammenhang gebracht. Z. B. Oberfläche des Körpers, Gewicht, Größe, der Brustumfang und so weiter.

Dreyer und Burell stellten sich bei ihren Untersuchungen auf den Standpunkt, daß das Körpergewicht die beste Beziehung zum Lungenlüftungsvermögen habe, dabei wiesen sie aber darauf hin, daß bei dieser Voraussetzung viele Kranke abnorm große Vitalkapazitätswerte hätten, wenn man den Spitometerwert zu dem normalen Gewicht in Beziehung setzt anstatt wie es richtiger wäre, zu dem reduzierten Gewicht während der Krankheit. Dies spielt eine sehr große Rolle, da die Tuberkulosekranken entweder sehr abgemagert oder aber durch Sanatoriumbehandlung sehr gemästet worden sind. Myers hielt im Gegensatz zu Dreyer die Beziehung der Vitalkapazität zu der Körperoberfläche für die zuverlässigste. Er berechnete die Vitalkapazität aus der Körperoberfläche bei gesunden und kranken Menschen. Bei seinen — auf dieser Grundlage aufgebauten — Versuchen und Beobachtungen kann er bei allen Lungenkrankheiten eine Verminderung der Vitalkapazität feststellen. Bei Paratyphus fand er in 85% seiner Fälle normale Spirometerwerte, während sich bei Lungen- oder Pleura-Komplikationen in 15% niedrigere Werte zeigten. Die Lungenkranken wiederum zeigten eine Abnahme der Vitalkapazität entsprechend dem Zustande ihres Leidens. Kranke mit spontanen oder künstlichem Pneumothorax hatten nur 32—58% der normalen Werte. Patienten mit Bronchialasthma hatten während des Anfalles nur 18—20% der normalen Werte, nach dem Anfall war die Vitalkapazität wieder normal. Bei Lungenentzündung fand sich eine Herabsetzung bis auf 17% der Norm (5. und 6. Tag); jedoch war die Beziehung zwischen der Ausdehnung der Erkrankung des Lungengewebes und der Verringerung der Vitalkapazität sehr klein. Die Pneumonie verringert den Spirometerwert am meisten von allen akuten Krankheiten; deshalb ist seine Bestimmung ein wertvolles Mittel zur Frühdiagnose und zur Beratung des Patienten. Myers legt solchen Wert auf die Bestimmung der Vitalkapazität bei den Kranken, daß er sagt: „Niemand sollte aus der Behandlung entlassen werden

bezw. zu arbeiten anfangen, bevor seine Vitalkapazität nicht wenigstens 90 % des Normalwertes erreicht hat.

Die Vitalkapazität wird natürlich nicht nur bei der Lungentuberkulose und bei der Pneumonie verändert, sondern bei allen Erkrankungen der Organe des Brustkorbes. So z. B. auch durch Aenderung der Elastizität aller bei der Atembewegung beteiligten Gewebe (Rippenknorpel, Gelenke, Bänder, Muskulatur), ferner bei Aenderung der Elastizität des Lungengewebes selbst (Emphysem usw.), bei pleuritischen Schwarten, Entspannung des Lungengewebes bei Exsudaten, Luft, usw., Lungeninfiltration, reflektorischer Hemmung der Ein- und Ausatmung (Schmerz bei Pleuritis), Aenderung der Muskelkraft und Energie und endlich durch Aenderung des Brustkorbes durch Sport.

In allerjüngster Zeit veröffentlichte Worringen seine Beobachtungen in dieser Beziehung. Er hatte Gelegenheit ungefähr 4000 Sportsleute anthropometrisch zu untersuchen und setzte Vitalkapazität in Beziehung zu Alter, Körpergewicht und Körpergröße, ohne damit bessere Resultate zu erzielen als die früheren Autoren,

Während also nach unserer bisherigen Annahme die Körpergröße und das Körpergewicht wohl die besten Beziehungen zur Vitalkapazität haben, scheint aus den Untersuchungen der Engländer und Amerikaner hervorzugehen, daß die Körperoberfläche als Funktion von Körpergröße und Körpergewicht die beste Beziehung zum Vitalkapazität der Lungen hat. Da uns auch in Deutschland eine erneute Nachprüfung der Beziehung des Lungenlüftungsvermögens zu den übrigen anatomischen und funktionellen Eigentümlichkeiten der Person notwendig erschien, wurden an zahlreichen Marburger Studenten und an 500 Teilnehmern am Deutsch- Akademischen Olympia 1924 Konstitutionsmasse erhoben und die daraus errechneten Indicis zu den Vitalkapazitätswerten in mannigfache Beziehungen gesetzt. Das Alter der untersuchten Person schwankte zwischen 18 und

24 Jahren. 13 verschiedene Konstitutionsmasse beziehungsweise Indices fanden Verwendung.

Zunächst galt es nachzuprüfen, warum die Hutchinson'schen Angaben sich nicht für die Klinik verwenden ließen; ob der Wert der Vitalkapazität so großen persönlichen Schwankungen unterliegt, daß es unmöglich ist, brauchbare Standartwerte aufzustellen oder ob es bis jetzt an geeigneten Vergleichsmassen gefehlt hat. Inbezug auf letztere Fragestellung war es von besonders großem Wert festzustellen, ob es außer den früher aufgestellten Beziehungen der Vitalkapität zu Länge, Gewicht, Stammlänge, Brustumfang u. s. w. noch andere brauchbarere Vergleichswerte gibt. Insbesondere waren die errechneten Konstitutionindices, die bislang noch nie mit der Vitalkapazität verglichen wurden, zu berücksichtigen.

Hierfür kommt unseres Erachtens nach vor allen Dingen das der funktionellen Körperähnlichkeit am meisten entsprechende Körperproportionsgesetz von Kaup in Frage. Wenn man den Kaup'schen Index $G : L^2$ (Gewicht : Länge^2 in Beziehung zur Vitalkapazität bringt, so zeigt sich eine das Wachsen des Index ziemlich regelmäßig begleitende Zunahme der Werte für die Vitalkapazität (vgl. Tabelle I).

V. K. bei Sportlern ccm	Kaup'scher Index	V. K. bei Nichtsportlern ccm
4450	2,899—2,800	—
5300	2,799—2,700	—
5050	2,699—2,600	—
4259,61	2,599—2,500	—
4670,95	2,499—2,400	4250
4576,64	2,399—2,300	4345,45
4465,52	2,299—2,200	4176,66
4429,95	2,199—2,100	4051,79

V. K. bei Sportlern ccm	Kaup'scher Index	V. K. bei Nichtsportlern ccm
4310,21	2,099—2,000	4345
4272,66	1,999—1,900	4356,25
—	1,899—1,800	3825
—	1,799—1,700	4010

Tabelle I

Das Verhältnis der V. K. zum Kaup'schen Index.

Die Ausnahme beim Index 2,500 bis 2,599 kann vielleicht die Folge einer zu kleinen Individuenzahl bei diesem hohen Index sein. Unter den Nichtsportlern konnten überhaupt keine Untersuchungspersonen mit einem Index über 2,499 gefunden werden. Während nun bei den Sportsleuten die Vitalkapazität mit dem Wachsen des Kaup'schen Index um 0,100 gleichmäßig zunimmt, sind bei den nicht gut durchtrainierten Marburger Studenten die Beziehungen zwischen beiden Werten nicht so rein. Daraus könnte man vielleicht entnehmen, daß in den einzelnen Gruppen die Sportler ungefähr von gleicher Leistungskraft sind, sodaß ihre Formgleichheit wirklich einer gewissen Funktionsgleichheit ihrer Organe entspricht. Bei den Nichtsportsleuten mit ihrer sehr stark wechselnden körperlichen Tüchtigkeit hingegen besteht — wie aus der Tabelle I ersichtlich ist — keine so reine Beziehung zwischen Körperbau und Körperfunktion. Wie es ja überhaupt auch gar nicht so selten ist, daß schlanke Personen mit einem niedrigen Kaup'schen Index höhere Vitalkapazitätswerte haben, als Individuen mit größerem Kaup'schen Index.

Beim Kaup'schen Index zeigt sich ferner ebenso wie in den späteren Tapellen, daß die Sportler schon von vornherein eine größere Vitalkapazität haben, als die Nichtsportler. Hieraus geht auch hervor, daß die Funktion der Lunge

durch regelmäßige ernste körperliche Uebungen bei den Individuen der einzelnen Gruppen ziemlich gleichmäßig beeinflußt wird.

Er ist uns wohl bekannt, daß der Index G durch L^2 zuerst 1869 von dem Amerikaner Gould und 1921 von Dawenport angewendet wurde, doch möchten wir ihn bewußt nach Kaup benennen, weil dieser Autor ihn wohl zuerst mit aller Energie und Deutlichkeit aus den vielen anderen Indices ais brauchbarsten und die Beziehungen zwischen Körperbau und Körperfunktion am besten kennzeichnenden Index herausgehoben hat.

V. K. bei Sportlern ccm	Oberfläche in qm	V. K. bei Nichtsportlern ccm
5300	über 2,150	—
5066,70	2,150—2,100	4350
4915,38	2,099—2,000	4710,66
4919,10	1,999—1,900	4945,00
4440,90	1,899—1,800	4401,80
4351,40	1,799—1,700	4291,90
4064,90	1,699—1,600	3859,23
3720,00	1,599—1,500	3930,00

Tabelle II

Das Verhältnis der Körperoberfläche zur V. K.

Von Dreyer wurden zuerst Beziehungen zwischen Vitalkapazität und Körperoberfäche aufgestellt und angegeben. Gleichzeitig teilte Dreyer eine Formel zur Berechnung der Körperoberfläche mit, die er angeblich empirisch gewonnen hat. $\frac{Wn}{Vc} = K.$

In dieser Formel bedeutet W das Nettogewicht, N = 0,72 Vc = Vitalkapazität und K ist eine Konstante. In dieser Formel faßt er ebenso wie Vierordt und Meeh die

Oberfläche als mathematische Funktion des Gewichts auf. Diese Dreyer'schen Formeln wurden auch oft bei späteren Arbeiten der Amerikaner zur Oberflächenberechnung benutzt. So z. B. von Emerson, Wilson, Mey, Hyge und anderen.

Da es uns aber technisch nicht möglich war, die genauen mathematischen Grundlagen für Dreyers Formel zu erlangen, (in der Hauptsache wegen der außerordentlich schlechten Zugänglichkeit der während des Krieges erschienen amerikanischen Literatur), so wanden wir zur Oberflächenberechnung zuerst die Formel von Meeh an. Hierbei erwiesen sich jedoch die errechneten Oberflächenwerte als zu hoch und deshalb benutzten wir weiter die Formel die Du Bois and Du Bois angegeben haben. Auch Wilson fand bei seinen Versuchen zusammen mit May und Edwards die beste Beziehung zwischen der Vitalkapazität und der Oberfläche. Sie fanden bei Kindern für einen qm Oberfläche 1,93 Ltr. Vitalkapazität. Schwankungen dieser Werte gaben sie zu, da besonders bei stark körperlich arbeitenden Individuen eine höhere Vitalkapazität gefunden wurde. Christie, Chester und Beams stellten als Ergebnis ihrer an 144 Frauen und 146 Männern vorgenommenen Untersuchungen ebenso die beste Beziehung zwischen Vitalkapazität und Oberfläche fest. Nach ihnen zeigten sich große Differenzen der einzelnen Werte für Vitalkapazität bei Gleichheit von Körpergewicht und Geschlecht; weniger verschieden sind angeblich die Vitalkapazitätswerte bei gleicher Körperhöhe, sehr gering nur sind die Schwankungen bei gleicher Oberfläche und gleichem Geschlecht. Sie fanden, daß einer Körperoberfläche von 1,4 — 1,5 qm beim Weibe 2700 ccm Lungenlüftungsvermögen entspricht. Bei jedem weiteren Zunehmen der Oberfläche um 0,1 qm steigt die Vitalkapazität um durchschnittlich 175 an. Beim Manne entpricht eine Oberfläche von 1,6 — 1,7 qm einer Vitalkapazität von 4000 ccm, jeder weiteren Zunahme von 0,1 qm geht eine Zunahme der Vitalkapazität um 350 ccm parallel. Mithin entspricht beim Manne im Alter von 20 — 30 Jahren eine Vitalkapazität von 2,5 L einem

qm Oberfläche, beim Weibe hingegen nur 2 L. Diese Untersuchungen wurden von West bestätigt. Er wandte ebenso wie wir zur Körperoberflächenberechnung die Formel von Du Bois and Du Bois an. Auch Boynton stellte an 738 Studentinnnen Versuche üder die Größe der Vitalkapazität an und fand daß am besten die Vitalkapazität nach Körpergewicht und Körperoberfläche bestimmt wird. Die Beziehungen des Lungenlüftungsvermögens sind zu beiden Massen gleich, da ja die Oberfläche eine einfache, mathematische Funktion des Körpergewichts ist (Dreyer). Für den Praktiker sind ja diese Maße am besten verwendbar, da die Möglichkeit eines Irrtums beim Feststellen des Gewichts viel geringer ist, als beim Messen der Stammhöhe, Rumpflänge u. s. w.. Zu beachten ist jedoch noch der Einwand Dreyers, daß das kleinere und leichtere Individuum mit einer relativ größeren Körperoberfäche größere Vitalkapazität besitzt als das größere Individuum mit relativ kleinerer Oberfläche.

Außer den bisher angführten Autoren fanden auch Peabody und Wentworth daß die Beziehung der Vitalkapazität zur Körperoberfläche die zuverläßigste sei. Krauß behauptet zwar, daß sich gegen den Zahlenwert der Oberfläche sehr viel geltend machen läßt, daß sie eine rechnerische Größe darstellt und keine in jedem Einzelfalle empirisch ermittelte wie das Körpergewicht. Sie bleibe deshalb immer mit einer gewissen Unsichereit behaftet.

Auch bei den von uns angestellten Untersuchungen wurde die Vitalkapazität zur Körperoberfläche in Beziehung gesetzt. Bei den 18 — 30 Jahre alten akademischen Sportlern schwankt die Körperoberfläche zwischen 2,400 und 1,500 qm, bei den Nichtsportlern standen nur Individuen von 2,150 — 1,500 zur Verfügung. An Hand der Tabelle 2 sieht man daß die Werte für die Vitalkapazität gleichlaufend mit dem Wachsen der Oberfläche steigen Dies ist wiederum bei den Sportsleuten in bedeutend gleichmäßigerer Weise der Fall, als bei den Nichtsportlern. Weiter sieht man, daß

auch bei dieser Vergleichsart die Sportler von vornherein eine um ungefähr 100 ccm größere Vitalkapazität haben als die Nichtsportler mit gleicher Körperoberfläche.

Ehe wir von der Du Bois'schen Formel Kenntnis hatten, benutzten wir die bekannte Formel von Meeh zur Berechnung:

12, 312 x $\sqrt[3]{Gr.^2}$.

Sie ergibt jedoch in den meisten Fällen eine um 200 qcm zu große Oberfläche und wurde auch im Schrifttum in letzter Zeit verschiedentlich abgelehnt. Wir haben diese Berechnungen daher später zu Gunsten der Formel von Du Bois und DU Bois zurückgestellt ($0 = 167,\ 2.\sqrt{G.}\ \sqrt{L}$).

Sportler %	Differenz	V. K. ccm	Gewicht in kg	V. K. ccm	Nichtsportler Differenz	%
6,478		4780,67	75,9—72,0	4418,75		5,975
6,566	232,37	4568,17	71,9—68,0	4522,91	94,66	6,530
6,582	105,30	4335,8	67,9 -64,0	4428,25	231,85	6,722
6,829	73,54	4230,5	63,9 -60,0	4196,40	416,90	6,666
7,174		4156,96	59,9—56,0	3779,5		6,92

Tabelle 3.

Verhältnis von Körpergewicht zu V. K.

Während Hutchinson behauptet, daß die Schwere des Körpers nächst der Körperhöhe den bemerkenswertesten Einfluß, obgleich einen nicht so innigen und regelmäßigen wie letztere ausübe, sagt Arnold, daß das Körpergewicht in keiner festeren Beziehung zur Atmungsgröße stehe. Die Differenzen, die die Vitalkapazität bei derselben Körperhöhe böten, seien nicht nachweisbar durch das Gewicht bedingt, denn bei Personen, welche 5, 10, 15, 20, ja 25 und 30 kg. schwerer sind, ist Lungenlüftungsvermögen häufig geringer als bei viel leichteren Individuen. In einigen Kolumnen seiner Tabellen haben die leichtesten Personen selbst die höchste oder zweithöchste und die schwersten die kleinste Vitalkapazität. Myers und Maeder dagegen fanden wiederum bei ihren Untersuchnngen, daß die Beziehungen zwischen

Körpergewicbt und Vitalkapazität nächst der Körperhöhe die besten seien. Ihre Beobachtungen erstreckten sich auf 419 Feuerwehrleute. Sie gaben an, daß die Vitalkapazitätswerte der Körpergröße am besten entsprechen, dann dem Gewicht, weil dies bei Zunahme der Körperhöhe im allgemeinen größer wird. Boynton gibt an, daß die Beziehungen der Vitalkapazität zur Körperoberfläche und dem Körpergewicht scheinbar gleich gut seien, da nach Dreyer ja die Oberfläche eine einfache, mathemathische Funktion des Gewichtes ist. Deshalb sei für den Praktiker die Vergleichung der Vitalkapazität mit dem Körpergewicht empfohlen, da beim Messen des Körpergewichts die Mögligkeit eines Irrtums sehr gering ist. Klinisch scheint jedenfalls die Bestimmung der Vitalkapazität und die gleichzeitige Beobachtung des Gewichtes bei Lungentuberkulose wertvoll sein zu können. Amar z. B. hat einen Index (E.) geschaffen, $E = \frac{V.\ K.}{G}$ darunter versteht man das Verhältnis von Vitalkapazität zum Gewicht; z. B. V. K. = 3,75 Ltr., Körpergewicht = 72 kg E ist $\frac{375}{72}$ = 5,2. Werte unter 5 für Schwächliche oder Kränkliche, unter 4 für Praetuberkulöse oder Tuberkulöse sollen bezeichnend sein. Neben anderen Zahlen setzte auch Dreyer bei Tuberkulose das Körpergewicht ins Verhältnis zur Vitalkapazität. Er konnte so 150 Tuberkulösse nach ihrer Vitalkapazität in 3 Klassen einteilen, die den klinischen drei Stadien der Erkrankung entsprachen.

Wir untersuchten Individuen mit Gewichten von 56,0—75,9 kg. und fanden, daß bei Gewichtsgruppen erst von 4 kg. die Vitalkapazität sowohl bei den Sportlern, als auch bei den Nichtsportlern regelmäßig zunimmt. Besonders beachtenswert ist in Tabelle 3 die Tatsache, daß bei den Sportsleuten mit zunehmendem Körpergewicht und größere Vitalkapazität die Differenz zwischen den einzelnen Gewichts- und Vitalkapazitätsklassen größer wird, während dies bei den nicht genügend durchtrainierten Personen gerade um-

gekehrt der Fall ist. Wahrscheinlich als Folge davon, daß bei den Sportlern die größeren Körpermasse meist einer funktionsfähigeren Anlage sowie einer besseren Durchbildung und Pflege des Körpers entsprechen, während bei den Nichtsportlern weniger funktionstüchtige oder schwerere Konstitutionstypen sind, wie z. B. Pykniker, Arthritiker, die Unterschiede geringer werden lassen.

Wählt man kleinere Gewichtsgruppen z. B. zu 2 oder 3 kg., so lassen sich keine stetigen Reihen mehr aufstellen; einer Gewichtszunahme entspricht dann häufig kein größerer Vital-Kapazitätswert mehr. (Tabelle 4a).

Sportler Vitalkapazität	Größe in cm.	Nichtsportler Vitalkapazität
4976,30	größer als 180,0 cm	4865,70
4546,45	179,9—175,0	4332,22
4477,76	174,9—170,0	4105,00
4213,50	169,9—165,0	4007,82
3844,25	164,9—160,0	3650,00

Tabelle 4.

Verhältnis von Körpergröße: Vitalkapazität.

Bei spirometrischen Messungen beobachtet man weiter, daß die Atmungsgröße im allgemeinen in einem gewissen Verhältnis mit der Körpergröße zunimmt und daß sie bei Personen von derselben Höhe i. a. einen mehr oder weniger entsprechenden Wert zeigt. Dieser liegt aber nicht selten einige oder selbst mehrere 100 ccm unter oder über dem Mittelwert für eine gewisse Körperhöhe, ohne daß ein abnormer Zustand in den Brust- oder Bauchorganen nachgewiesen werden kann. Arnolds Untersuchungsergebnisse sind folgende: Die Vitalkapazität nimmt im ganzen mit der Zunahme der Körperhöhe zu und zwar von 155—191 cm um 1800 ccm. Diese Zunahme ist unregelmäßig, wenn man nur die Mittelwerte bei je einem cm Größenzunahme berück-

sichtigt und wird bedeutend gleichmäßiger, wenn man den mittleren Wert der Atmungsgröße bei je 2,5 cm Größenzunahme tabellarisch vergleicht. Auch Myrs und Maeder setzen die Vitalkapazität außer zu Alter, Gewicht, Stammlänge auch zu der Körpergröße in Beziehung und fanden hierzu unter ihren Ergebnissen die besten Relationen. Hewlett legte ebenfalls bei seinen Untersuchungen über die Bestimmung der Norm der Vitalkapazität die Körperlänge zugrunde. Er benützte die Formel V K = 50 Ht — 4,400 bei Männern, und V K = 27,4 Ht — 1,365 bei Frauen. In dieser Formel bedeutet Ht die Körperlänge in cm, VK die Vitalkapazität in ccm. Da schon physiologisch die Werte stark schwanken, wird von ihm erst eine Vitalkapazität unter 75% seines Standartwertes als niedrig, eine solche unterhalb 60% desselben als zweifellos pathologisch bezeichnet. West stellte ebenso wie wir fest, daß körperlich trainierte Leute eine höhere Vitalkapazität haben als nicht trainierte von gleichem Alter, gleicher Größe, Gewicht und Brustbeweglichkeit (Atmungsbreite). Da er sich nach Hutchinsons Untersuchungen richtete, nahm auch er als beste Beziehung diejenige zwischen Vitalkapazität und Körperhöhe an. Er teilte seine Versuchspersonen in drei Größenklassen und fand bei Gruppe 1: Höhe von (6 feet) 182,5 cm eine Vitalkapazität von 5200 ccm, Gruppe 2: (6—5 feet, 8½ inches) 182,5—173,5 cm eine Vitalkapazität von 4200 ccm. Gruppe 3 (5 feet, 8½ inches—5 feet, 3½ inches) 173,5—159,5 cm eine Vitalkapazität von 4000 ccm. Die untersuchten Frauen teilte er ebenso in drei Gruppen und fand bei ihnen niederere Werte als bei den Männern.

Bei unseren Untersuchungen haben wir die Versuchspersonen ihrer Größe nach in 5 Gruppen geteilt (siehe Tabelle 4). Und fanden, daß die Vitalkapazität bei einer Körpergröße von 160—190 cm bei Sportlern von 5 cm zu 5 cm um je 383,01 ccm, bei Nichtsportlern von gleichem Alter dagegen um 303,92 ccm zunimmt. Der Unterschied zwischen den beiden Gruppen ist wohl dahin zu erklären, daß die Sport-

leute schon von vornherein eine um 200 ccm größere Vitalkapazität haben als die Nichtsportler derselben Größe. Diese Erhöhung dürfte 1. auf einer Vergrößerung des Fassungsvermögens des Brustkorbes im Ruhezustand, 2. auf einer Zunahme der Komplementärluft als Folge der besseren Atemtechnik und 3. auf einer Verminderung der Residualluft aus demselben Grunde insbesondere besseren Ausatmungstechnik beruhen. Am größten ist der Unterschied zwischen Sportlern und Nichtsportlern bei einer Körpergröße von 170—175 cm (373 ccm) am kleinsten bei den über 180 cm großen Versuchspersonen (111 ccm). Daß aber die Körpergröße nicht so gleichmäßige Beziehungen zur Vitalkapazität hat, wie früher angenommen wurde, geht aus dem Umstande hervor, daß man die Größengruppen nach 5 cm einteilen muß, um eine regelmäßige Steigerung der Werte für das Lungenlüftungsvermögen beobachten zu können. Stellt man Größengruppen zu 2 oder 3 cm auf, (wie Arnold es tat) so beachtet man auch eine gleichlaufende Steigerung der Vitalkapazitätswerte, die jedoch an verschiedenen Stellen Unregelmäßigkeiten zeigt.

(siehe nachfolgende Tabelle Nr. 4a)

Sportler VK.	Größe in cm	Nichtsportler VK.
4736,33	178—180 cm	4598,26
4498,33	175—177 „	4242,33
4603,06	172—174 „	4183,60
4259,76	169—171 „	4074,73
4159,76	166—168 „	3896,46
3938,2	163—165 „	3900,
3884,46	160—162 „	3748,33

Tabelle 4a.

Mittlere Differenz ccm	Sportler Differenz ccm	V. K. ccm	Mittlerer Brustumfang in cm	V. K. ccm	Nichtsportler Differenz ccm	Durchschn. Differenz ccm
		4815,33	98,9—96,0	4755,44		
	343,70				57,47	
		4471,63	95,9—93,0	4697,97		
	163,04				242,67	
192,62		4308,59	92,9—90,0	4255,30		239,05
	42,41				337,36	
		4266,18	89,9—87,0	3917,94		
	222,35				318,70	
		4043,83	86,9—84,8	3599,24		

Tabelle 5

Verhältnis der Vitalkapazität zum mittleren Brustumfang.

Zu denjenigen Faktoren, von denen man von vornherein einen bedeutenden Einfluß auf die Größe der Vitalkapazität erwartet, gehört auch der Brustumfang, falls derselbe nicht durch ungewöhnlich starke Muskelmassen oder sehr beträchtliche Fettablagerungen oder krankhafte Zustände wesentlich verändert worden ist. Arnold fand bei allen seinen Beobachtungen (vorausgesetzt sind gleiches Alter, Geschlecht, gleiche Körperhöhe und gesunder Zustand der Brustorgane) eine Differenz zwischen den Werten für die Vitalkapazität, wenn er seine Versuchspersonen in Gruppen nach ihrem Brustumfang ordnete. Da nun in dem Alter von 18 — 30 Jahren und namentlich bei den Individuen, die von Arnold untersucht wurden, entweder keine oder nur geringe Differenzen in der Muskulatur und besonders in der Fettablagerung zu erkennen waren und da auch die Elastizität des Brustkorbes bei diesen Personen anähernd gleich groß gewesen sein dürfte, durfte man aus seinen Beobachtungen schließen, daß der Brustumfang einen wesentlichen Einfluß auf die Atmungsgröße hat, wie es auch schon rein theorethisch zu erwarten war. Da die Lungen sich nach allen Seiten umsomehr ausdehnen können, je größer der Umfang der Brust ist, ist dieses Ergebnis sofort erklärlich. Arnold macht daher die Größe der Vitalkapazität zunächst der Körpergröße und in zweiter Linie

von dem mittleren Brustumfang abhängig. Allerdings weicht er mit dieser seiner Ansicht wesentlich von Hutchinson und Fabius ab. Nach ersterer soll kein unmittelbarer zusammenhang zwischen Brustumfang nnd Atmungsgröße bestehen, und jener soll keinen Maßstab für die Schätzung der Vitalkapazität abgeben. Fabius erklärt den Brustumfang für einen sehr zweifelhaften Faktor, da er sehr häufig bestimmte Beziehungen zum Werte für die Vitalkapazität vermissen läßt. Die von Arnold mitgeteilten Beobachtungen scheinen jedoch dagegen zu sprechen.

Berliner setzte ebenfalls die Vitalkapazität in Beziehung zum Brustumfang und fand, daß die muskelstärkeren Individuen bei mittlerem Brustumfang größere Vitalkapazität haben als die muskelschwächeren. Er fand weiter, daß die engbrüstigen ebenso große und sogar noch größere Vitalkapazität aufweisen konnten als die weitbrüstigen. Unter den Untersuchungspersonen mit einer geringeren Vitalkapazität als 3200 ccm wiesen die Fälle mit niedrigerer prozentualer Exkursionsbreite auch geringere Vitalkapazität auf. Die prozentual geringste Vitalkapazität findet sich bei Schmalbrüstigen. Trotz der guten Exkursionsbreite ist dies wohl durch eine mangelhafte Zwerchfelltätigkeit zu erklären.

Bei unseren Untersuchungen benutzten wir den mittleren Brustumfang als Vergleichsmaß, d, h. den Umfang der Brust bei tiefster Ein- und tiefster Ausatmung dividiert durch 2. Die Messungen des Brustumfanges geschah nach Martin bei hängenden Armen, wobei das Bandmaß hinten dicht unter dem unteren Schulterblattwinkel vorn dicht oberhalb der Brustwarze lag. Dabei fanden wir, daß bei den Sportlern bei Zunahme unseres mittleren „Brustumfanges“ um je 3 cm die Vitalkapazität durchschnittlich um 192, 52 ccm, bei den Nichtsportlern um 239, 0 5 ccm wächst. Die durchschnittliche Differenz zwischen den Werten für die Vitalkapazität ist bei allen Sportlern sowohl deshalb kleiner als bei den Nichtsportlern, weil jene bereits von vornherein eine größere Vitalkapazität haben bei sonst gleichen Be-

dingungen wie die Nichtsportler (siehe Tabelle 5). Bei den letzteren wird wiederum der Unterschied von Gruppe zu Gruppe nach oben kleiner. Dies ist wohl ein Zeichen der größeren Ausdehnungsfähigkeit des schmalen Brustkorbes mit seinen schräger gestellen Rippen.

Sportler Vitalkapazität	Stammlänge in cm	Nichtsportler Vitalkapazität
4837,53	94 — 93 cm	4575
4635,45	92 — 91 „	4506,25
4420,45	90 — 89 „	4250,73
4394,80	88 — 87 „	4025,31
4062,50	86 — 85 „	3868,22
3630,80	84 — 83 „	3633,33

Tabelle 6.

Verhältnis der Vitalkapazität: Stammlänge.

Während Hutchinson angibt, daß die Rumpfhöhe oder Stammlänge keinerlei Einfluß auf die Größe der Vitalkapazität habe, glaubte Fabius festgestellt zu haben, daß mit der Zunahme der Stammlänge auch die Vitalkapazität größer wird. Es ergab sich jedoch ferner aus seinen Untersuchungen, daß diese Steigerung der Vitalkapazität bei denselben Personen nicht regelmäßiger ist als bei Vergleich mit der Körperhöhe (obgleich bei der Stammlänge die Zahl der steigenden Größen eine geringere ist als bei der Körperhöhe und somit die Zahl der Beobachtungen für die einzelnen Mittel dort größer ist als hier.). Die Messung der Stammlänge erfolgt durch Feststellung der Entfernung vom Hinterhaupthöcker bis zum Steißbein.

Rogers und Lester setzten auch die Vitalkapazität in Beziehung zur Körpergröße, wie zur Stammlänge. Sie stellten ihre Untersuchungen an 400 Studenten an. Die Körperlänge betrug durchschnittlich 175,9 cm, die Stammlänge 91,5 cm, die Vitalkapazität im Mittel 4421 ccm. Sie fanden die Durchschnittswerte: Höhe : Vitalkapazität = 0,46,

Stammlänge: Vitalkapazität = 0,47. Die Beziehungen zwischen Stammlännge und Körpergröße zu Vitalkapazität sind nach ihnen ungefähr gleichmäßig gute. Myers und Maeder hatten bei ihren an 419 Feuerwehrleuten angestellten Untersuchungen ein ähnliches Ergebnis, indem sie die beste Beziehung zwischen Körperhöhe und Vitalkapazität darnach aber zwischen Stammlänge und Vitalkapazität fanden, weil ja die Stammlänge sehr stark von der Körperhöhe abhängig ist.

Dreyer fand in ähnlicher Weise bei seinen Untersuchungen, daß nächst der Körperoberfäche die Stammlänge die reinsten Beziehungen zur Vitalkapazität hat. Dasselbe Ergebnis erzielte auch Boynton. Nächst der Oberfläche hatten bei seinen Untersuchungen die Körpergröße und die Stammlänge die besten Beziehungen zur Vitalkapazität. Auch bei Boyntons Untersuchungen waren die Beziehungen der Vitalkapazität zur Standhöhe wie zur Stammlänge gleichmäßig gute.

Aus unserer Tabeile geht hervor, daß im Gegensatz zu Hutchinson die Stammlänge sehr wohl einen bedeutenden Einfluß auf die Größe der Vitalkapazität hat. Je größer die Stammlänge, umso größer die Vitalkapazität. Ferner ersieht man aus Tabelle 6 auch wieder, daß die Sportler eine größere Vitalkapazität haben, als die Nichtsportler.

Mittlere Differenz.	Sportler V. K. ccm	Länge der vorderen Rumpfwand	Nichtsportler V. K. ccm	Mittlere Differenz
	4900,50	57 — 56 cm	4765	
	4719,05	55 — 54 „	4683	
209,88	4404,20	53 — 52 „	4260	206,15
	4322	51 — 50 „	4192,50	
	4077	49 — 48 „	4040,50	

Tabelle 7.

Das Verhältnis der Vitalkapazität zur Länge der vorderen Rumpfwand.

Unsere Ergebnisse über den Einfluß der Stammlänge auf die Vitalkapazität stehen also in einem gewissen Gegensatz zu den Untersuchungen Arnolds. Auch wenn man die Länge der vorderen Rumpfwand (gemessen von der Incisura jugularis bis zum oberen Symphysenrande) in Beziehung zur Vitalkapazität setzt, ergibt sich eine gewisse Abhängigkeit der letzteren von den genannten Massen. Mit der Zunahme der vorderen Rumpflänge geht auch ein Wachsen der Vitalkapazität paralell. Jedoch ist diese Beziehung weniger regelmäßig, als z. B. beim Vergleich der Vitalkapazität mit der Körperhöhe. Auch hier haben die Sportler von vornherein größere Werte als die nicht besonders trainierten Marburger Studenten. Die Werte der Vitalkapazität waren bei diesem Maß bei den ersteren im Durchschnitt 130 — 140 ccm höher als bei den letzteren. Der größte Unterschied fand sich mit 144 ccm zwischen den Gruppen von 52 — 54 cm für Länge der vorderen Rumpfwand. Die Größenunterschiede der Vitalkap.-Werte wechselten für je 2 cm Rumpfhöhe sehr stark. Sie schwankten zwischen 68 und 423 ccm. Dieses Versagen des anfangs sehr brauchbar erscheinenden Maßes und das Ueberwiegen der Werte für die Rumpflängen 52 — 54 cm bei beiden in ihrem Trainingszustand verschiedenen Gruppen ist sehr eigenartig und spricht gegen die Brauchbarkeit dieses Vergleichsmodus.

Sportler V. K. ccm	Atmungsbreite	Nichtsportler V. K. ccm
4581,67	12,9 — 11,0 cm	4944,33
4528,53	10,9 — 9,0 „	4456,25
4532,76	8,9 — 7,0 „	4379,90
4256,38	6,9 — 5,0 „	3981,35
4257,60	4,9 — 3,0 „	3885,83

Tabelle 8.

Verhältnis der Vitalkapazität zur Atmungsbreite.

Die Atmungsbreite (der Unterschied zwischen stärkster Ein- und Ausatmung) hatte bei den Nichtsportlern unserer Untersuchung einen mit ihrer Größenzunahme steigenden Einfluß auf die Vitalkapazität; dagegen sah man bei den Sportlern keine gegenseitigen Beziehungen. Es fällt an der Tabelle 8 auf, daß die Personen mit einer Atmungsbreite von 7,0 — 13 cm eine Gruppe mit einer Durchschnittsvitalkapazität von 45 — 50 ccm und die Sportler mit einer Exkursionsbreite von 3 — 7 cm eine Gruppe mit einer mittleren Vitalkapazität von 42 — 60 bilden. Arnold dagegen gibt an, daß außer Länge und Umfang des Brustkorbes auch die Exkursionsbreite ein wichtiger Faktor zur Bestimmung der Vitalkapazität ist. Dies sollte man eigentlich auch von vornherein erwarten können, denn je größer die Dehnunungsfähigkeit der Brusthöhle ist, umso größer muß auch ihre Kapazität werden. Diese Vermutung stimmt auch mit unseren Untersuchungsergebnissen an den Nichtsportlern überein. Bei den Sportlern scheint die besonders gepflegte Atmungstechnik insbesondere die Zwerchfellatmung ein Abweichen von dieser Regel zu bewirken.

Außer diesen einfachen Körpermassen wurden einige errechnete Verhältniswerte (Indices) auf ihren Zusammenhang mit dem Lungenlüftungsvermögen geprüft.

Der viel umstrittene Rohrer-Index $\left(\frac{G}{L^3}\right)$ versagte bei den Vergleichsversuchen. Es ließen sich keine festen Beziehungen zwischen diesem vermeintlichen Index der Körperfülle (Kaup) und dem Lungenlüftungsvermögen finden, anscheinend weil dieser Index als „Staturindex" die physiologisch funktionelle Aehnlichkeit der Menschenklassen nicht genügend betont, sondern die Menschen geometrisch zu vergleichen sucht.

Dann haben wir die Vitalkapazität in ein Verhältnis zum Brustumfang in Prozent der vorderen Rumpfwand und in % der Körperhöhe zu bringen versucht.

Die Auswertung dieser beiden Indices (Brustumfang in

% der vorderen Rumpfwand und in % der Körperhöhe) ergab bei beiden keinerlei Beziehungen bei Vitalkapazität zu der Indexgröße. D. h. also der im Verhältnis zur Körpergröße oder vorderen Rumpflänge tiefere und breitere Brustkorb kann dasselbe Lungenlüftungsvermögen haben wir der schmalere, flachere, eben weil die Vitalkapazität zum großen Teil Folge der Uebung und des Trainings ist. Die anatomische Größe desThorax kann demgegenüber weniger von Belang sein.

Sportler			Nichtsportler	
Differenz ccm	V. K. ccm	Index ccm g	V. K. ccm	Differenz ccm
	4750,0	469,9—430,0	4479,43	
74,34				36,13
	4675,66	429,9—400,0	4433,5	
224,13				110,0
	4451,33	399,9—370,0	4323,3	
248,66				267,14
	4202,66	369,9—340,0	4156,16	
476,56				394,50
	3826,10	339,9—310,0	3761,66	

Tabelle 9.

Verhältnis der Vitalkapazität zum Quetelet'schen Index.

Von den Konstitutionsindices scheint der Quetelet-'sche Größengewichts-Index besonders gute Beziehungen zur Vitalkapazität zu haben. Dieser von dem ersten anthropologischen Statistiker Quetelet aufgestellte Index Gew.:Länge gibt die Größe des Umfanges der Gesamtheit der verschiedenen Körperquerschnittsflächen (Kopf, Brust, Bauch, Glieder) an, wobei der mittlere Querschnitt des Körpers als Prisma oder Zylinder gedacht ist. Die bei der Berechnung erhaltene Zahl (z. B. 350) bezeichnet das Grammgewicht der mittleren, 1 cm hohen Querschnittsscheibe des Körpers, das bei unseren Untersuchungen für die Marburger Studenten 367, für Sportler insbesondere die Schwimmer als Ausdruck der durch die Leibesübung geförderten Breitenentwicklung 390 g betrug. Zunächst ist ersichtlich, daß die Vitalkapazität wieder im allgemeinen bei den Sportlern größer ist als

bei den Nichtsportlern. Sodann nimmt in beiden Gruppen die Vitalkapazität mit dem Gewicht der Körperquerschnittscheibe, mit der Breitentwicklung des Rumpfes zu, jedoch wird der Unterschied zwischen den einzelnen Gruppen von je 30 g Gewicht der Querschnittscheibe mit steigendem Index kleiner.

Mittlere Differenz ccm	Sportler Diffenenz ccm	V. K. ccm	Index %	V. K. ccm	Nicht-sportler Differenz ccm	Mittlere Differenz ccm
		4402,98	31,99—31,0	4047,22		
96,30	30,52	4433,50	30,99—30,0	4248,57	201,35	106,69
	46,90	4480,40	29,99—29,0	4261,44	12,77	
	15,18	4495,58	28,99—28,0	4338,63	77,29	
	268,70	4764,28	27,99—27,0	4475,00	136,37	

Tabelle 10.

Verhältnis der Vitalkapazität zur Rumpflänge in % der Körpergröße.

Die Tabelle zeigt, daß bei Kleinerwerden des Index (Verhältnis der Vitalkapazität zur Rumpflänge in % der Körpergröße) die Vitalkapazität sowohl bei Sportlern wie auch bei Nichtsportlern steigt, wiederum ein Zeichen, daß der lange Thorax bessere Lüftungsglegenheit bietet als der kurze breite Brustkorb. Im allgemeinen geht auch aus Tabelle 10 hervor, daß bei den Sportlern die Vitalkapazität größer ist als bei den Nichtsportlern.

Sportler Vitalkapazität ccm	Index	Nichtsportler V, K. ccm
4267,60	20,99 — 20,00	4062,50
4315,10	19,99 — 19,00	4277,96
4592,30	18,99 — 18,00	4058,33
4645,45	17,99 — 17,00	3930,00
4718,45	16,99 — 16,00	—

Tabelle 11.

Verhältnis der Vitalkapazität zum Breitenindex des Rumpfes.

Aus Tapelle 11 ersieht man, daß bei Größerwerten des Breiten-Index des Rumpfes bei Nichtsportlern die Vitalkapazität nur wenig wächst. Bei den Sportlern dagegen vermindert sich die Vitalkapazität bei Größerwerden des Index ziemlich regelmäßig. Daraus kann man wiederum ersehen, daß häufig — dies ist vor allem bei den Sportlern der Fall — der schmale, lange Brustkorb das bessere Lüftungsvermögen besitzt.

Versuchen wir nun auf Grund der gefundenen Masse einen Anhaltspunkt darüber zu gewinnen, welche Sportart die Lunge in besonderer Weise beansprucht, welche die Lungenlüftung besonders übt, so ergibt sich bei Benutzung des für Vergleiche bei Sportlern besonders gut brauchbaren Kaup'schen Index, daß im allgemeinen bei anatomisch und funktionell ähnlichen Körperbau die größte Vitalkapazität die Schwimmer baben Dann folgen, wie aus Tabelle 12 ersichtlich ist, die Mittelstreckenläufer und die Leichtatletik, während die Langstreckenläufer, Sprinter und Turner im allgemeinen die niedrigsten Werte aufweisen. Diese Befunde entsprechen i. a. unserer Auffassung von der Beanspruchung der Lunge durch die Leistung insbesondere durch die von der Arbeitsleistung in der Zeiteinheit abhängende Kohlensäurebildung. Auffallend scheint es zunächst, daß der Sprinter, der die größte Arbeitsleistung in der Zeiteinheit vollbringt, zu der der Mensch überhaupt fähig ist, eine so geringe Vitalkapazität hat.

Hierzu ist zunächst zu bemerken, daß, wie Geigel klargelegt hat, die Lungenlüftung nicht allein von der Vitalkapazität abhängig ist, sondern von dem Minutenvolumen der zugeführten Luft. Daß die pro kg. Körpergewicht in der Zeiteinheit zugeführte Luftmenge von dem Wert für die Vitalkapazität mal der Zahl der Atemzüge in der Minute abhängig ist, von der Größe der Vitalkapazität und der Muskelkraft. Wir wissen auch, daß die Muskelkraft und die Geschwindigkeit der Muskelbewegung beim Sprinter sehr groß sind. Ebenfalls wissen wir daß der Sprinter ent-

Tabelle 12.

Kaup'scher Index $\frac{G}{L^2}$ oder $\frac{Qu}{L}$	Schwimmer ccm	Mittelstreckenläufer ccm	Leichtathleten ccm	Spieler ccm	Neunkämpfer ccm	Langstreckenläufer ccm	Sprinter ccm	Turner ccm
> 2,70	5400	—	4950	—	4200	—	—	—
2,69—2,60	—	—	5200	—	4975	—	—	—
2,59—2,50	—	—	4260	—	4529	—	—	3450
2,49—2,40	4916	—	5675	—	4642	—	5000	3716
2,39—2,30	4425	4250	4790	—	4531	—	4682	4316
2,29—2,20	4337	4781	4415	4991	4303	5062	4213	4307
2,19—2,10	5125	4630	4486	4225	4261	4253	4400	4233
2,09—2,00	4637	5650	4227	4500	4411	3875	4212	4057
1,99—1,90	5325	4437	4128	—	4314	4210	3500	3500
	4880	4750	4682	4572	4463	4350	4334	3926

Das Verhältnis der Sportart zum Kaup'schen Index und zur Vitalkapazität.

weder während des Laufes nur oberflächlich („hachelnd") atmet oder sogar gar nicht (theoretisch sollte er bei 30 m und bei 60 m je einmal Luft schöpfen!), und daher mit außerordentlich großer Atemnot das Zielband durchschneidet.

Bei Benutzung der Körperoberfläche oder der Körpergröße als Vergleichsmaß finden wir nicht genau diesselbe Reihenfolge. Doch sind die Unterschiede nicht wesentlich.

Es stehen jedoch auch hier die Schwimmer und Mittelstreckenläufer an der Spitze. Die Turner, Langstreckenläufer und Sprinter am Schluß. Aus dem Unterschiede dieser Reihen kann man — mit großer Vorsicht — vielleicht darauf schließen, daß der Kaup'sche Index für die Beurteilung der Leistungsfähigkeit der Atmungsorgane körperlich arbeitender Menschen doch wertvoller ist als die sonst zuverlässigsten Körpermaße, die Oberfläche und die Länge, eben weil er die funktionelle Aehnlichkeit des Organbaues und den Einfluß der inneren Organe auf ihn am besten berücksichtigt.

Wie zu erwarten, hat auch Kohlrausch bei den deutschen Kampfspielen 1922 ungefähr dasselbe beobachtet wie wir: die Schwimmer und die Mittelstrecker hatten auch damals eine bedeutend größere Vitalkapazität als die Sprinter, Turner und Langstreckenläufer.

Zusammenfassung.

Wir haben damit bestätigen können, daß die Körperoberfläche und die Körperlänge im allgemeinen die gleichmäßigsten Beziehungen zur Größe der Lungenventilation haben. Diese kann ferner ebenso wie in der Jugend der Brustumfang durch körperliche Arbeit gesteigert werden, ist jedochwegen des insbesondere bei geübten Menschen großen Anteils der Bauchatmung an der Lungenlüftung nicht lediglich eine Funktion der Atmungsbreite des Brustkorbes. Trotzdem diese bei unseren 370 Sportlern nicht wesentlich größer als bei den 170 Nichtsportlern war, hatten erstere stets eine größere

Vitalkapazität aufzuweisen, weil diese, abgesehen von der Vergrößerung des Lungenluftgehaltes durch den größer gewordenen Brustkorb die Folge einer Funktionssteigerung der verschiedenen Organe ist, nämlich der Elastizitätssteigerung aller bei den Atembewegungen beteiligten Gewebe und der Kraft der sie auslösenden Muskeln einschließlich des Zwergfelles. Mit ihrer Hilfe nimmt nicht nur die ein- und ausgeatmete Luft an sich schon etwas zu, sondern letztere bekommt noch einen Zuwachs durch einen bei ungeübten Menschen nicht exhalierten Teil der Residualluft. Jeder seinen Körper Pflegende hat ja gelernt, die beim Ungeübten lediglich passiv vor sich gehende Ausatmung durch Erhöhung des intrathorakalen Druckes bis auf 160 mm Hg und darüber aktiv kräftig zu unterstützen. Hierdurch gewinnt der Sportler die größere Vitalkapazität, trotzdem sein höher gestellter, stärker gewölbter und tiefer gewordener Brustkorb seine Atmungsbreite meist lediglich erhalten, nicht aber vergrößert hat.

Nächst der Körperoberfläche und Körpergröße ist jedoch beim Sportler und wahrscheinlich auch beim beruflich körperlich schwer arbeitenden jungen Manne der Kaup'schen Index von größtem Nutzen für die Beurteilung der von einem Individum zu erwartenden Vitalkapazität. Dann käme das Maß der Rumpflänge im Verhältnis zur Körpergröße.

Bei Benutzung des Kaup'schen Index, der Körperoberfläche oder der Größe haben, die Schwimmer, die Mittelsreckenläufer und die Leichtathleten die größte, die Sprinter, die Turner und die Langstreckenläufer die geringste Vitalkapazität.

Wir haben also die Möglichkeit durch planmäßige Pflege von Leibesübungen die schlechte Lungenlüftung unserer geistigen Arbeiter zu verbessern.

Die Körperoberfläche und die Körpergröße haben anscheinend nur deswegen einen so steten Einfluß auf die Vitalkapazität, weil sie im allgemeinen ein guter Maßstab für die Länge des Brustkorbes sind. Da der Brustkorbbau jedoch konstitutionell große anatomische und funktionelle

Unterschiedè zeigen kann, finden wir häufig auch Abweichungen von den Mittelmassen, sodaß man heute nur anähernd sagen kann, wie groß die Vitalkapazität eines Menschen sein muß, und wie viel der Luftwechsel eines Kranken bei einmaliger angestrengter Atmung in seinen gesunden Tagen betragen haben wird.

Wenn die Bestimmung des Lungenlüftungsvermögens sich bis heute in Deutschland noch nicht in der Klinik hat einbürgern können, so liegt dies wohl zunächst an der mangelhaften körperlichen Entwicklung vieler unserer Volksgenossen, daran, daß außerordentlich viele unserer Mitbürger überhaupt nicht zur Vollkraft gelangen, daß insbesondere Muskulatur und Knochenbau bei ihnen kümmern und dabei oft frühzeitig allzureich mit Fett beladen sind.

Diese außerordentlich ungleichmäßige körperliche Entwicklung muß zu außerordentlich stark wechselnden und gar nicht zu klassifizierenden funktionellen Verschiedenheiten der einzelnen Individuen führen. Der hier außerordentlich ausgleichend (angleichend) wirkende Einfluß der Leibesübungen durch Entwicklung der Kümmerer, durch Herausholen des sonst oft „Steckenbleibenden“ wurde bei Besprechung der Werte bei den Sportsleuten wiederholt dargetan.

Ein weiterer Nachteil für die Verwertung der Vitalkapazitätswerte war die Unklarheit über die brauchbarste Relation. Hier hat sich bei uns einwandfrei gezeigt, daß von allen bisher zum Vergleich herangezogenen Körpermassen fast nur die Körpergröße und die Stammlänge brauchbar sind. Zuverlässigere Beziehungen lassen sich bei Verwendung der von den Engländern und Amerikanern zur Aufstellung ihrer bereits in der Klinik mit anscheinend gutem Erfolge benutzten Standartwerte herangezogenen Körperoberfläche (nach der Formel von Du Bois) aufstellen. Ich selbst glaube einwandfrei nachgewiesen zu haben, daß der die funktionelle Leistungskraft neben den anatomischen Verhältnissen am besten berücksichtigende, von Kaup in Deutschland eingeführte und in seiner Berechtigung

eingehend begründeten Index $\frac{G}{L}2$ oder $\frac{Q}{L}$ am deutlichsten die Größe des Lungenlüftungsvermögens widerspiegelt und damit zu der sehr nötigen Aufstellung von Normalwerten für körperlich gut — oder wenigstens genügend — durchgebildeten Menschen am ehesten zu brauchen ist. Derart festgelegte Normen könnten dann wahrscheinlich der Klinik auch bei uns eine brauchbare Unterlage geben.

Zum Schlusse der Arbeit erfülle ich die angenehme Pflicht, Herr Professor Dr. med. Schenk für die gütige Ueberlassung des Themas und die tatkräftige Unterstützung, sowie Herrn Marinegeneralstabsarzt a. D. Dr. med. Böse für die Ueberlassung der Messungswerte meinen ergebensten Dank auszusprechen.

Literatur.

Arnold, Ueber die Atmungsgröße des Menschen, Heidelberg, 1855.

Berliner, Zeitschrift für experimentelle Pathol. und Therapie, 1922. Bd. 22, Seite 148.

Bohr, Chr. Skandin. Archiv f. Phslg. Bd. 22, S. 274 und 909.

„ Deutsches Archiv für innere Medizin 1907, Bd. 88, S. 416.

Boynton, Archiv of intern. med. 1924, Bd. 33, S. 292.

Cameron, Tubercle, 1922, Bd. 111, S. 337 und 385.

Caspari, Pflügers Archiv. Bd. 83, S. 509.

Christiansen, Douglas und Aldane, Journ. of phys. 1914, Bd. 48, S. 244.

Christie, Chester and Beans, Arch. of int. med., Bd. 30.

Davis, Aldane, Kennaway, Journ. of phys. 1920, Bd. 54.

Dreyer, Burell, The Lancet 1919 Bd. 11, S. 227. 1920. Bd. I, S. 1212, 1922, Bd. 203, S. 374.

Dreyer and Hansen, The Adressent of physic. fitness Cassellma, CO, 1920. London.

„ The Lancet 1922, Bd. 203, S. 374.

Du Bois and Du Bois Arch. of int. med. 1914. Bd. 14 S. 163; 1915, Bd. 15, S. 865, 1916, Bd. 17, S. 887 und 902, 1917, Bd 19, S, 823.

Durig, Zentralblatt für Physiologie, 1903, Bd. 17, S. 258.

Fabius, Auszug aus der Zeitschrift für rat. Med. N. F. 1853, Amsterdam.

Geigel, Klinische Wochenschrift, 1925, Nr. 40, S. 1897.

„ M. M. W. 1917, Nr. 38, S. 1523: 1921, Nr. 19, S. 576.

„ „ 1907, Nr. 24, S. 790.

Geppert und Zuntz. Pflügers Arch. 1888, Bd. 42, S. 189.

Grober, Deutsches Archiv für innere Medizin, Bd. 91, S. 502.

Hesselbach, Deutsches Arch. f. i. Med. 1908 Bd. 93, S. 53 u. 64.

Hastings, Journ. of biol. chem. 1924, Bd. 60, S. 89.

Hill, The Lancet 1924, Bd. 206, S. 994.

Hörnicke, 1925. M. M. W. 1925, Nr. 32, S. 1333.

Hutchinson, London Aerztl. Ges. f. med. chir transact. Bd. 39, S. 1846.
Hyge, Hospitalit. 1924, Bd. 22, S. 341.
Kaup, Klin. Wochenschrift 1924, Nr. 29, S. 1299.
Kinlay, Arch. of int. med. 1924. Bd. 34, S. 168.
Kolb, Ztschr. f. klin. Med. Bd. 77, S. 442.
Kohlrausch, Sporttypen 1923, Sport, 1924, Nr. 40.
Lehrenbächer, Arch. f. Hyg. Bd. 81, S. 1.
Meeh, Ztschr. f. Biolog. 1879. Bd. 16, S. 425.
Morawitz u. Siebeck, Deutsches Arch. f. innere Med. 1909. Bd. 97, S. 200.
Myers, Americ. Rev. tubercle, 1923. Bd. 7. 1922. S. 884.
Peabody and Wentworth, Arch. of int. med. 1917, Bd. 20, S. 468.
Rogers, Arch. of int. med. 1923, Bd. 31, S. 342.
Rubow, Deutsches Arch. f. innere Med. 1908, Bd 92, S. 255.
Schenk, Marburger sportwissenschaftl. Untersuchungen u. Beobachtungen 1925. Marburg.
„ M. M. W. 1925, Nr. 48 und 49; Med. Klin. 1926 Nr. 17 u. 18.
„ Referat auf der Sportärztetagung in Bonn 1925.
„ Physiologie und Psychologie d. Leibesübungen Gust. Fischer Jena, 1926.
„ Wettkämpferuntersuchungen im „Turnen u. Sport auf deutschen Hochschulen". Jhb. 1925.
Senner, Pflügers Arch. 1921, Bd. 1921, Bd. 190, S. 790.
Siebeck, Deutsches Arch. f. inn. Med. 1910. Bd. 100, S. 204.
Sturgis, Arch. of int. med. 1920, Bd. 25.
Wintrich, Handbuch d. speziellen Pathol. u. Therapie. Bd. 4, H. 2, S. 281; Bd. 5, Abt. 1, S. 854.
Zuntz, Höhenklima und Bergwanderungen, S. 265.

Lebenslauf.

Am 3. März 1900 wurde ich als Sohn des Musikdirektors Karl Hiege und seiner Ehefrau Elise, geb. Kaiser, zu Gudensberg, Kreis Fritzlar, geboren. Ich besuchte bis 1914 die höhere Schule dortselbst, von da das Realgymnasium zu Arolsen, wo ich im Juni 1918 die Reifeprüfung bestand. Ich wurde im Juni 18 zum Heeresdienst einberufen. Aus dem Heeresdienst schied ich nach Ausbruch der Revolution im Dezember 1918 wieder aus. Vom S. S. 1919 studierte ich Medizin in Marburg. Meine ärztliche Vorprüfung bestand ich hier im W. S. 1921/22, im W. S. 1921/22 war ich in Breslau und kehrte vom S. S. 22 ab wieder nach Marburg zurück. Hier bestand ich das medizinische Staatsexamen im W. S. 25/26. Seit Dezember 26 bin ich als Medizinalpraktikant an der hiesigen medizinischen Poliklinik tätig.